

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 09/07/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CÂMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

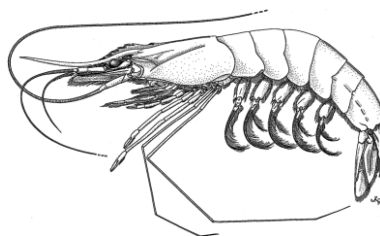
Tese de Doutorado

**Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões
sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na
região sudeste do Brasil: uma abordagem interdisciplinar**

Lizandra Fernandes Miazaki

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto



BOTUCATU
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – CÂMPUS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)

**Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões
sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na
região sudeste do Brasil: uma abordagem interdisciplinar**

Lizandra Fernandes Miazaki

Orientador: Prof. Dr. Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luis Medina Mantelatto

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Botucatu, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia).

BOTUCATU
2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Miazaki, Lizandra Fernandes.

Parâmetros reprodutivos e populacionais dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus* spp. (Decapoda: Penaeidae) na região sudeste do Brasil : uma abordagem interdisciplinar / Lizandra Fernandes Miazaki. - Botucatu, 2021

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Rogerio Caetano da Costa

Coorientador: Fernando Luis Medina Mantelatto

Capes: 20402007

1. Crustáceos. 2. Camarão - Reprodução. 3. Zoologia - Classificação. 4. Peixes - Fecundidade. 5. Peixes - Mortalidade.

Palavras-chave: Dendrobranchiata; Fecundidade; Morfologia geométrica; Mortalidade pesqueira; Status taxonômico.

*“Os benefícios da ciência não são para os
cientistas, e sim para humanidade!”*

(Louis Pasteur)

Dedico esta tese a todos que não desistiram da ciência, em tempos tão difíceis.

Dedico aos primeiros graduados, mestres e doutores de famílias de origem humilde que lutaram e resistiram, apesar de tantas adversidades, obstáculos e privações.

Dedico a todas as mulheres cientistas ou não (em especial, chefes de família, mães-solo e carcinólogas) que, independente, de todas as dificuldades, se dedicam a nutrir suas famílias e a ciência brasileira.

Por fim, dedico a minha mãe e a minha avó Dorinha, matriarca da minha família, que não pode presenciar o resultado final do meu doutorado.

Agradecimentos

Ao meu orientador *Prof. Dr. Rogerio C. Costa*, primeiramente pela oportunidade e confiança, pela orientação, experiência e por todo o aprendizado ao longo de todos esses anos.

Ao meu coorientador *Prof. Dr. Fernando L. M. Mantelatto*, pela oportunidade de conhecer e aprender uma área nova dentro da Biologia, por todo o suporte, orientação, ensinamentos e pela recepção no Laboratório de Bioecologia e Sistemática de Crustáceos (LBSC), na Universidade de São Paulo (USP), *campus* Ribeirão Preto, onde foi realizada as análises moleculares.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio do projeto Ciências do Mar II (CIMAR) pela concessão da bolsa de doutorado (88887.161311/2017-00), pelo financiamento de algumas coletas e por ter custeado parte das análises realizadas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por ter financiado a maioria das análises moleculares e coletas de campo por meio da concessão dos projetos Temático Biota (2010/50188-8) e Biota INTERCRUSTA (2018/13685-5); Coleções Científicas (2009/54931-0).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (PQ 302253/2019-0 de FLM; 306672/2018-9 de RCC) pelo suporte em análises de laboratório.

Ao Ministério do Meio Ambiente e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) por conceder a licença para coletar o material nas áreas estudadas.

Ao Instituto Oceanográfico da USP, base Ubatuba, e toda sua equipe por disponibilizar toda a infraestrutura para a realização do cultivo das fêmeas.

Ao Instituto de Biociências (IB), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) e ao Departamento de Zoologia da UNESP de Botucatu.

Ao Laboratório de Biologia de Camarões Marinhos e de Água Doce (LABCAM), sob responsabilidade do Prof. Dr. Rogerio C. Costa, onde foi realizado parte das análises dos resultados da presente tese.

Ao Departamento de Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências da UNESP de Bauru, o qual o LABCAM está vinculado.

Ao Departamento de Química da UNESP de Bauru e ao técnico Antonio Carlos Feitosa (Toninho), pelo auxílio no preparo da solução de Gilson, utilizada para quantificar os ovócitos para as análises de fecundidade.

Ao *Djalma Rosa* (Passarinho), pela paciência e pelo trabalho excepcional em todas as coletas.

A todos que participaram e auxiliaram nas coletas durante o doutorado e a todos que colaboraram nas coletas de Macaé, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia entre 2008-2014, das quais geraram os resultados do terceiro capítulo desta tese.

Aos membros e ex-membros do LABCAM: Abner, Ana, Andréa, Caio, Daphine, Gabriel (Woody), Gisele, João, Júlia, Natália, Nádia, Rafael, Régis, Sabrina, Sarah, Thiago (Chuck), bem como a nova geração por todas as trocas de experiências e parceria no dia a dia de laboratório.

Aos membros do LBSC: Ana Francisca (Kelps), Jeniffer e Nielson por todo o auxílio nas análises moleculares.

Ao Centro para Documentação da Biodiversidade (CDB) e ao técnico Daniel C. Cavallari pelo auxílio na preparação das amostras de tomografia computadorizada realizadas no NanoCT.

Ao Departamento de Biologia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP/USP), o qual o LBSC e o CDB estão vinculados.

Ao *Dr. Abner Carvalho Batista* (Binão) por todas as contribuições para esta tese, ensinamentos, troca de ideias, paciência e disponibilidade, de sempre me ajudar com a molecular e qualquer dúvida sobre o mundo dos *Xiphopenaeus*.

Ao *Prof. Dr. Antonio L. Castilho* (Tony) por todos os ensinamentos, todo auxílio e disponibilidade seja em coletas, sugestões na tese, burocracias da PG e a todo pessoal do seu laboratório por toda ajuda e parceria.

À *Prof. Dra. Laura S. López Greco* (Universidade de Buenos Aires) pelas contribuições na tese, por toda paciência, incentivo e ensinamentos; pela recepção e hospitalidade durante minha estadia em Buenos Aires.

Ao *Prof. Dr. Fúlvio A. M. Freire* (UFRN) pela paciência e ensinamentos sobre as análises de mortalidade; e ao *Prof. Dr. Luiz Felipe C. Dumont* (FURG) pela disponibilidade e ajuda em sanar as dúvidas sobre essas análises.

À amiga *Dra Sarah S. A. Teodoro* (Sah) por toda paciência e por todos os ensinamentos nas análises moleculares; por todo acolhimento, suporte, conversas científicas e não científicas, por toda troca e incentivo ao longo desse processo.

Ao amigo e parceiro de laboratório *Dr. Régis A. Pescinelli* (Reginho) por todos os ensinamentos e paciência, pelos desenhos dos télicos, pelo mapa do segundo capítulo, pelas parcerias científicas e todo suporte durante todos esses anos.

Ao amigo *Dr. Alexandre R. da Silva* (Dino) por toda paciência em me ensinar de forma remota as análises do fator de condição.

Ao amigo e parceiro de laboratório *Caio S. Nogueira* (Caião) por toda paciência e disponibilidade me ensinar morfologia geométrica, nos 45 do segundo tempo.

À amiga e parceira de pós-graduação *Isabela R. R. Moraes* (Isa) por toda parceria e hospitalidade em Botucatu, sempre que necessário; por toda ajuda nas coletas, todo o incentivo, suporte, ajuda na morfogenese e na vida.

À amiga e parceira de laboratório *Júlia F. Perroca* (Juju) por todo suporte no programa R, por toda parceria, ajuda nas coletas, nas estatísticas e na vida.

Por fim, à minha mãe *Edilaine M. Fernandes*, por todo apoio e incentivo de sempre.

E a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação pessoal e profissional durante toda minha jornada acadêmica e na realização desta tese.

Muito obrigada!!!

Sumário

RESUMO	1
PRÓLOGO.....	2
REFERÊNCIAS	5

Capítulo 1. Análises interdisciplinares comparativas dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) presentes no litoral norte do estado de São Paulo..... 9

RESUMO	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
Amostragem dos dados	14
Análises dos dados.....	15
Análises moleculares	15
Extração do DNA.....	15
Amplificação dos genes.....	16
Purificação dos produtos de PCR e sequenciamento do DNA	18
Edição das sequências e análises de distância genética	19
Análises morfológicas comparativas	20
Tomografia computadorizada (CT-scan).....	20
Morfometria Geométrica	21
RESULTADOS.....	25
Fatores ambientais	25
Análises moleculares	25
Análises morfológicas comparativas	28
Tomografia computadorizada (CT-scan).....	28
Morfologia geométrica	30
DISCUSSÃO	36
REFERÊNCIAS	41

Capítulo 2. Aspectos reprodutivos dos camarões sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) e *X. dincao* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2019 (Decapoda: Penaeidae) no litoral norte do estado de São Paulo. 47

RESUMO	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAL E MÉTODOS.....	55
Área de amostragem	55
Amostragem dos dados.....	56
Cultivo dos camarões	57
Análises dos dados.....	58
Fecundidade e fertilidade	58
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	61
RESULTADOS.....	62
<i>Xiphopenaeus</i> spp.	62
Fecundidade	62
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	67
Fertilidade	70
<i>Xiphopenaeus kroyeri</i> e <i>X. dincao</i>	76
Fecundidade	76
Índice gonadossomático (IGS) e fator de condição (FC)	79
Fertilidade	81
DISCUSSÃO	85
REFERÊNCIAS	90
 Capítulo 3. Growth parameters, longevity, and mortality of the seabob shrimp <i>Xiphopenaeus</i> spp. (Decapoda: Penaeidae) in four important fishing regions of southeastern Brazil	 98
ABSTRACT	99
 EPÍLOGO	 100

RESUMO

Considerando a carência de informações a respeito da fecundidade, fertilidade e investigações sobre mortalidade total, natural e pesqueira para camarões peneídeos explorados pela pesca; além da necessidade de caracteres morfológicos para a identificação das fêmeas dos camarões sete-barbas. A presente tese foi estruturada em três capítulos, com o objetivo de elucidar essas lacunas na história de vida desses importantes recursos pesqueiros: o primeiro capítulo apresenta uma análise detalhada da morfologia do tólico das fêmeas de *Xiphopenaeus dincao* e *X. kroyeri* combinando diferentes ferramentas como análises moleculares, tomografia computadorizada e morfologia geométrica, onde buscou-se encontrar diferenças para a separação morfológica dessas espécies; o segundo capítulo analisou, pela primeira vez, a biologia reprodutiva dos camarões sete-barbas *X. dincao* e *X. kroyeri*, como unidades taxonômicas distintas, fornecendo informações sobre a fecundidade e fertilidade, além do índice gonadosomático e fator de condição dessas espécies na região de Ubatuba; o terceiro e último capítulo comparou os parâmetros de crescimento, longevidade, mortalidade (total, natural e pesqueira) e taxas de exploração pesqueira de *Xiphopenaeus* spp. nas regiões de Macaé no estado do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia no estado de São Paulo. Os resultados evidenciaram diferenças morfológicas no tólico capaz de separar *X. dincao* e *X. kroyeri*. Comprovou-se a presença de *X. dincao* na região de Ubatuba e, possivelmente, há uma sazonalidade entre as espécies, com maior abundância de *X. kroyeri* nesta região. *Xiphopenaeus dincao* apresentou maiores estimativas de fecundidade, fertilidade, índice gonadosomático e um fator de condição com maior estabilidade entre as classes de tamanho. *Xiphopenaeus kroyeri*, apresentou ovos maiores e uma média maior de fator de condição. Diferenças nas estratégias reprodutivas de *X. dincao* e *X. kroyeri*, provavelmente possibilitam a coexistência dessas espécies na região de estudo. Por fim, os resultados evidenciaram a sobreexploração dos estoques pesqueiros no litoral sudeste brasileiro, fomentando a necessidade de adequações no gerenciamento pesqueiro para evitar um novo colapso dos estoques naturais. Este estudo traz informações básicas essenciais sobre a identificação e a biologia dos camarões sete-barbas *X. kroyeri* e *X. dincao*, e disponibiliza subsídios para um melhor manejo e gerenciamento desses camarões. Além de encorajar novos estudos para o maior entendimento da bioecologia desses importantes recursos pesqueiros.

Palavras-chave: Dendrobranchiata, fecundidade, morfologia geométrica, mortalidade pesqueira, status taxonômico.

Prólogo

A exploração de camarões constitui uma atividade de grande importância em todo o mundo, gerando elevados benefícios econômicos, principalmente, para os países em desenvolvimento (Gillett, 2008). Contudo, a pesca acarreta modificações na biodiversidade, especialmente em áreas litorâneas (Norse, 1993; Ellingsen, 2001), pela retirada sistemática de populações naturais para fins comerciais e de subsistência provocando um declínio dos estoques pesqueiros (Yodzis, 2001; Lewison *et al.*, 2004).

O crescimento descontrolado da frota industrial, juntamente com o aumento da pesca artesanal nos estuários e a baixa efetividade da legislação pesqueira, levaram ao declínio significativo e até mesmo o colapso dos estoques dos camarões-rosa *Farfantepenaeus* spp. na década de 1990 (Paiva, 1997; D’Incao *et al.*, 2002; Haimovici & Cardoso, 2017; Teodoro *et al.*, 2019). Consequentemente, o camarão sete-barbas *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) tornou-se o principal alvo da pesca no litoral sudeste brasileiro (Costa *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010) e, atualmente, é uma das espécies mais capturadas na costa paulista (Ávila-da-Silva *et al.*, 2017, 2018, 2019).

No entanto, recentemente, Carvalho-Batista *et al.* (2019) descreveram duas novas espécies para o gênero *Xiphopenaeus* Smith, 1896 e propuseram a revalidação de *X. riveti* Bouvier, 1907, uma vez que, essa espécie era considerada sinônimo júnior de *X. kroyeri* (Pérez-Farfante & Kensley, 1997). O gênero, até então, considerado monoespecífico (Pérez-Farfante & Kensley, 1997; De Grave & Fransen, 2011), passou a ser composto por pelo menos cinco espécies distribuídas ao longo da costa continental americana, duas ocorrendo no oceano Pacífico e três no Atlântico (Carvalho-Batista *et al.*, 2019). As espécies que ocorrem no oceano Pacífico, Carvalho-Batista *et al.* (2019) as chamaram de *X. riveti* P1 e *X. riveti* P2, e as do Atlântico são as duas novas espécies descritas pelos autores, *X. baueri* Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020 e *X. dincao*

Carvalho-Batista, Terossi, Zara, Mantelatto & Costa, 2020, e a já conhecida *X. kroyeri*, sendo as duas últimas registradas no litoral sudeste do Brasil e alvos desse estudo.

Carvalho-Batista *et al.* (2019) utilizando a microscopia eletrônica de varredura encontraram caracteres morfológicos para a separação dessas espécies apenas nos machos, havendo ainda a necessidade de ferramentas moleculares para a confirmação do *status* taxonômico das fêmeas. As diferenças capazes de separar as espécies foram encontradas nos caracteres sexuais secundários dos machos, petasma e apêndice masculino. A genitália externa dos Dendrobranchiata tem se mostrado portadora de caracteres importantes para a taxonomia do grupo, sendo útil para a separação de espécies cogenéricas que apresentam grande similaridade morfológica, como o exemplo dos camarões do gênero *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997 (Pérez-Farfante, 1967; Pérez-Farfante & Kensley, 1997; Tavares & Gusmão, 2016; França *et al.*, 2021).

A correta identificação dessas espécies se faz necessário para o conhecimento do real estado dos estoques, para entender qual dessas espécies está mais suscetível às pressões da pesca, para compreender a dinâmica e a estrutura dessas populações, e como elas interagem entre si e com a biota, para que seja possível traçar planos de gerenciamento pesqueiros mais eficientes.

Adicionalmente, a biologia de *X. kroyeri* sensu lato tem sido amplamente estudada ao longo do litoral brasileiro. Esses estudos têm incidido sobre dinâmica populacional (Heckler *et al.*, 2013b; Grabowski *et al.*, 2014; Castilho *et al.*, 2015), abundância e distribuição (Costa *et al.*, 2007; Simões *et al.*, 2010; Heckler *et al.*, 2014a; b; Silva *et al.*, 2016), biologia populacional (Nakagaki & Negreiros-Fransozo, 1998; Castro *et al.*, 2005), biologia reprodutiva e recrutamento (Almeida *et al.*, 2012; Heckler *et al.*, 2013a; Grabowski *et al.*, 2016); variação temporal da biomassa (Miazaki *et al.*, 2016), estrutura populacional e parâmetros de crescimento (Silva *et al.*, 2019). No entanto, ainda existem

lacunas a respeito da história de vida desses camarões, como por exemplo, investigações sobre a fecundidade e fertilidade, que eram inexistentes até o momento que antecede o presente estudo, e de forma geral, investigações sobre esses aspectos são escassos para os camarões peneídeos.

Estudos que combinam análises de fecundidade e fertilidade fornecem informações a respeito das estratégias reprodutivas e potencial reprodutivo de uma espécie, além de possibilitar projeções confiáveis para a larvicultura e reconhecer espécies com potencial para aquicultura em escala comercial (Hattori & Pinheiro, 2003; Bertini & Baeza, 2014). Consequentemente, torna-se relevante o estudo de tais aspectos em espécies economicamente importantes, buscando a reposição e o equilíbrio dos estoques naturais.

O estudo do crescimento em crustáceos é uma ferramenta importante para o manejo de uma população e constitui a base para o cálculo das taxas de crescimento, taxas de mortalidade, dinâmica populacional e gestão dos estoques pesqueiros (Sheehy, 1990; Campana, 2001). Além dos parâmetros de crescimento, as estimativas das taxas de mortalidade, tanto natural como pesqueira, e a taxa de exploração se fazem necessário para o monitoramento e avaliação da sustentabilidade dos estoques e para a elaboração de planos de manejo adequados, a fim de garantir a manutenção destes estoques a longo prazo (King, 2007; Fernandes *et al.*, 2014). Apesar da importância, estudos sobre essas temáticas ainda são escassos, em especial, no litoral sudeste brasileiro, onde os camarões sete-barbas são intensamente explorados.

Considerando a carência de informações a respeito da fecundidade e fertilidade para esse grupo de camarões; a deficiência de investigações a respeito da mortalidade total, natural e pesqueira para peneídeos explorados pela pesca; além da necessidade de caracteres morfológicos para a identificação das fêmeas dos camarões sete-barbas. A

presente tese foi estruturada em três capítulos, com o objetivo de elucidar essas lacunas na história de vida desses importantes recursos pesqueiros: o primeiro capítulo apresenta uma análise detalhada da morfologia do télico das fêmeas de *X. dincao* e *X. kroyeri* combinando diferentes ferramentas como análises moleculares, tomografia computadorizada e morfologia geométrica, onde buscou-se encontrar diferenças para a separação morfológica dessas espécies; o segundo capítulo analisou, pela primeira vez, a biologia reprodutiva dos camarões sete-barbas *X. dincao* e *X. kroyeri*, como unidades taxonômicas distintas, fornecendo informações sobre a fecundidade e fertilidade, além do índice gonadossomático e fator de condição dessas espécies na região de Ubatuba; o terceiro e último capítulo foi publicado no periódico *Fisheries Oceanography* no início de 2021 e comparou os parâmetros de crescimento, longevidade, mortalidade (total, natural e pesqueira) e taxas de exploração pesqueira de *Xiphopenaeus* spp. nas regiões de Macaé no estado do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos/São Vicente e Cananéia no estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C., J. A. BAEZA, V. FRANZOZO, A. L. CASTILHO & A. FRANZOZO, 2012. Reproductive biology and recruitment of *Xiphopenaeus kroyeri* in a marine protected area in the western atlantic: Implications for resource management. *Aquat. Biol.*, **17**: 57–69. <https://doi.org/10.3354/ab00462>
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2018. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2017. *Inf. Pesqueiro*.o São Paulo, **92**: 1–4
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, G. C. C. BASTOS, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2019. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2018. *Inf. Pesqueiro* São Paulo, **104**: 1–22
- ÁVILA-DA-SILVA, A. O., M. H. CARNEIRO, J. T. MENDONÇA, L. V. MIRANDA, W. do R. RIBEIRO & S. dos SANTOS, 2017. Produção pesqueira marinha e estuarina do estado de São Paulo: Dezembro de 2016. *Inf. Pesqueiro* São Paulo, **80**: 1–4
- BERTINI, G. & J. A. BAEZA, 2014. Fecundity and fertility in a freshwater population of

- the neotropical amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* from the southeastern Atlantic. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **58**: 207–217. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.894948>
- CAMPANA, S. E., 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish Biol.*, **59**: 197–242. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1668>
- CARVALHO-BATISTA, A., M. TEROSI, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & R. C. COSTA, 2019. A multigene and morphological analysis expands the diversity of the seabob shrimp *Xiphopenaeus* Smith, 1869 (Decapoda: Penaeidae), with descriptions of two new species. *Sci. Rep.*, **9**: 15281. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51484-3>
- CASTILHO, A. L., R. T. BAUER, F. A. M. FREIRE, V. FRANSOZO, R. C. COSTA, R. C. GRABOWSKI & A. FRANSOZO, 2015. Lifespan and reproductive dynamics of the commercially important sea bob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Penaeoidea): Synthesis of a 5-year study. *J. Crustac. Biol.*, **35**: 30–40. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002300>
- CASTRO, R. H., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & F. L. MANTELATTO, 2005. Population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea) in the littoral of São Paulo, Brazil. *Sci. Mar.*, **69**: 105–112. <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n1105>
- COSTA, R. C., A. FRANSOZO, F. A. M. FREIRE & A. L. CASTILHO, 2007. Abundance and Ecological Distribution of the “sete-barbas” Shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) in Three Bays of the Ubatuba Region, Southeastern Brazil. *Gulf Caribb. Res.*, **19**: 33–41. <https://doi.org/10.18785/gcr.1901.04>
- D’INCAO, F., H. VALENTINI & L. F. RODRIGUES, 2002. Avaliação da pesca de camarões nas regiões sudeste e sul do Brasil. 1965–1999. *Atlântica*, **24**: 103–116
- ELLINGSEN, K. E., 2001. Biodiversity of a continental shelf soft-sediment macrobenthos community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **218**: 1–15. <https://doi.org/10.3354/meps218001>
- FERNANDES, L. P., K. A. KEUNECKE & A. P. M. DI BENEDITTO, 2014. Analysis of mortality and exploitation of a stock of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* in the Southwestern Atlantic Ocean. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.*, **2**: 57–63
- FRANÇA, N. F. C., A. B. MORAES, A. CARVALHO-BATISTA, M. C. R. B. MELO, F. J. ZARA, F. L. MANTELATTO & F. A. M. FREIRE, 2021. An integrative approach using DNA barcode and scanning electron microscopy for the effective identification of sympatric species of the genus *Farfantepenaeus* Burukovsky, 1997. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, **43**: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101670>
- GILLET, R., 2008. Global study of shrimp fisheries. 475: (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Rome).
- GRABOWSKI, R. C., M. L. NEGREIROS-FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2016. Reproductive ecology of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) in a coastal area of Southern Brazil. *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, **34**: 125–135. <https://doi.org/10.1007/s00343-015-4279-3>
- GRABOWSKI, R. C., S. M. SIMÕES & A. L. CASTILHO, 2014. Population structure, sex ratio and growth of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) from coastal waters of southern Brazil. *Zookeys*, **457**: 253–269. <https://doi.org/10.3897/zookeys.457.6682>

- DE GRAVE, S. & C. H. J. M. FRANSEN, 2011. Carideorum Catalogus: The Recent Species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean Shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zool. Meded.*, **85**: 195–588
- HAIMOVICI, M. & L. G. CARDOSO, 2017. Long-term changes in the fisheries in the Patos Lagoon estuary and adjacent coastal waters in Southern Brazil. *Mar. Biol. Res.*, **13**: 135–150. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1228978>
- HATTORI, G. Y. & M. A. A. PINHEIRO, 2003. Fertilidade do caranguejo de mangue *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (São Paulo, Brasil). *Rev. Bras. Zool.*, **20**: 309–313. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752003000200022>
- HECKLER, G. S., R. C. COSTA, A. FRANSOZO, S. ROSSO & R. M. SHIMIZU, 2014a. Long-term patterns of spatial and temporal distribution in the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) population in southeastern Brazil. *J. Crustac. Biol.*, **34**: 326–333. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002231>
- HECKLER, G. S., M. LOPES, S. M. SIMÕES, R. M. SHIMIZU & R. C. COSTA, 2014b. Annual, Seasonal and spatial abundance of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda, Penaeidae) off the Southeastern coast of Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **86**: 1337–1346. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420130230>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, M. LOPES, F. J. ZARA & R. C. COSTA, 2013a. Biologia populacional e reprodutiva do camarão sete-barbas na Baía de Santos, São Paulo. *Bol. Inst. Pesca*, **39**: 283–297. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2013v39n3p283>
- HECKLER, G. S., S. M. SIMÕES, A. P. F. SANTOS, A. FRANSOZO & R. C. COSTA, 2013b. Population dynamics of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Dendrobranchiata, Penaeidae) in south-eastern Brazil. *African J. Mar. Sci.*, **35**: 17–24. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2013.769901>
- KING, M., 2007. Fisheries biology, assessment and management. 2nd ed. (Blackwell Publishing, Oxford).
- LEWISON, R. L., L. B. CROWDER, A. J. READ & S. A. FREEMAN, 2004. Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends Ecol. Evol.*, **19**: 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.09.004>
- MAIAZAKI, L. F., A. P. F. SANTOS, D. S. SALVATI, F. A. ALVES-COSTA & R. C. COSTA, 2016. Temporal variations in biomass and size of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Decapoda: Penaeoidea) on the southern coast of São Paulo state, Brazil. *Nauplius*, **24**: e2016025. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2016025>
- NAKAGAKI, J. M. & M. L. NEGREIROS-FRANSOZO, 1998. Population biology of *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller 1862) (Decapoda: Penaeidae) from Ubatuba Bay, São Paulo Brazil. *J. Shellfish Res.*, **17**: 931–935
- NORSE, E. A., 1993. Global marine biological diversity: a strategy for building conservation into decision making. (Island Press, Washington D.C.).
- PAIVA, M. P., 1997. Recursos pesqueiros estuarinos marinhos do Brasil. (UFC Edições, Fortaleza).
- PÉREZ-FARFANTE, I., 1967. A new species and two new subspecies of shrimp of the genus *Penaeus* from the Western Atlantic. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **80**: 83–100
- PÉREZ-FARFANTE, I. & B. KENSLEY, 1997. Penaeoid and Segestoid shrimps andawns

of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. (Editions du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris).

- SHEEHY, M. R. J., 1990. Widespread occurrence of fluorescent morphological lipofuscin in the crustacean brain. *J. Crustac. Biol.*, **10**: 613–622. <https://doi.org/10.2307/1548405>
- SILVA, E. R., G. S. SANCINETTI, A. FRANSOZO, A. AZEVEDO & R. C. COSTA, 2016. Abundance and spatial-temporal distribution of the shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae): an exploited species in southeast Brazil. *Brazilian J. Biol.*, **76**: 764–773. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01814>
- SILVA, S. L. R., R. D. C. SANTOS, R. C. COSTA & G. L. HIROSE, 2019. Growth and population structure of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Decapoda: Penaeidae) on the continental shelf of Sergipe, Brazil. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **99**: 81–92. <https://doi.org/10.1017/S0025315417002041>
- SIMÕES, S. M., R. C. COSTA, A. FRANSOZO & A. L. CASTILHO, 2010. Diel variation in abundance and size of the seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Crustacea, Penaeoidea) in the Ubatuba region, southeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, **82**: 369–378. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000200013>
- TAVARES, C. & J. GUSMÃO, 2016. Description of a new Penaeidae (Decapoda: Dendrobranchiata) species, *Farfantepeneaeus isabelae* sp. nov. *Zootaxa*, **4171**: 505–516. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4171.3.6>
- TEODORO, S. S. A., M. C. S. CORTINHAS, M. C. PROIETTI, R. C. COSTA & L. F. C. DUMONT, 2019. High genetic connectivity among pink shrimp *Farfantepeneaeus paulensis* (Pérez-Farfante, 1967) groups along the south-southeastern coast of Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **232**: 106488. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106488>
- YODZIS, P., 2001. Must top predators be culled for the sake of fisheries? *Trends Ecol. Evol.*, **16**: 78–84. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)02062-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)02062-0)